

# CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ENFERMEDADES INFECCIOSAS: NUEVOS RETOS EPIDEMIOLÓGICOS

## CLIMATE CHANGES AND INFECTIOUS DISEASES: NEW EPIDEMIOLOGICAL CHALLENGES

Liliana Sánchez L<sup>1\*</sup>, M.Sc, Salim Mattar V<sup>2</sup>, Ph.D, Marco González T<sup>2</sup>, M.Sc.

<sup>1</sup>Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Medicina. Villavicencio, Meta.  
<sup>2</sup>Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Pecuarias, Instituto de Investigaciones Biológicas del Trópico. Montería, Córdoba. \*Correspondencia: liliana1823@hotmail.com

Recibido: Diciembre 17 de 2008; Aceptado Julio 30 de 2009

### RESUMEN

El Niño / Oscilación Sur (ENSO) es el fenómeno mejor conocido que influye en la variabilidad del clima mundial en escalas de tiempo inter anuales. El término El Niño se refiere al fenómeno climático vinculado a un calentamiento periódico de las temperaturas superficiales del mar en la zona central y oriental del Pacífico ecuatorial central (aproximadamente entre la línea internacional y 120 grados de longitud oeste), y se refiere a veces como un episodio cálido del Pacífico. Lo contrario de lo que es La Niña, la fase fría del fenómeno ENSO. Debido al gran tamaño del Océano Pacífico, los cambios en los patrones de temperatura superficial del mar tienen gran influencia en la circulación atmosférica con efectos pronunciados en la precipitación tropical mundial y los patrones de temperatura. Se ha relacionado el ENSO con las anomalías climáticas y el incremento de las enfermedades infecciosas, especialmente las transmitidas por insectos, por lo que su conocimiento puede permitir ofrecer mejores predicciones a largo plazo de epidemias o epizootia.

**Palabras clave:** El Niño, enfermedades infecciosas, cambio climático

### ABSTRACT

El Niño/Southern Oscillation (ENSO) is the most well-known phenomenon influencing the global climate variability at inter annual time scales. The term El Niño refers to the large-scale ocean-atmosphere climate phenomenon linked to a periodic warming in sea surface temperatures across the central and east-central equatorial Pacific (between approximately the International Date line and 120 degrees west longitude), and thus represents the warm phase of the ENSO, and is sometimes referred to as a Pacific warm episode. The opposite of which is La Niña, a cold phase of ENSO. Given the large size of the Pacific Ocean, changes

in the sea surface temperature patterns and gradients across the basin influence atmospheric circulation with pronounced impacts on global tropical precipitation and temperature patterns. Building evidence of the links between ENSO driven climate anomalies and infectious diseases, particularly those transmitted by insects, the knowledge could allow providing improved long range forecasts of an epidemic or epizootic.

**Key words:** El Niño, infectious diseases, climate change

Los cambios socioeconómicos y las intervenciones sanitarias por parte del hombre, han mejorado la salud de la población mundial en los últimos decenios. No obstante, se presenta aun disparidad en el estado potencial de salud alcanzado, ya que sigue existiendo morbilidad enmendable y mortalidad prematura. Por otra parte, como efecto desfavorable del desarrollo económico, han comenzado a ocurrir cambios de salud como consecuencia del deterioro de las condiciones del medio ambiente (1,2).

Durante el siglo XX la concentración de los gases en la atmosfera y especialmente la de CO<sub>2</sub> aumentó paulatinamente como resultado de la actividad humana, particularmente por el uso de combustibles fósiles para la generación de energía (industria, transporte, etc.), procesos que liberaron grandes cantidades de dióxido de carbono hacia la atmosfera. En el último siglo hubo un incremento de 0.6°C en la temperatura promedio de la superficie terrestre, y que será inevitable su incremento si la actividad humana persiste al ritmo actual (3-6).

En la actualidad el cambio climático asociado a las actividades del hombre está comprometiendo la sostenibilidad de la humanidad en el planeta, porque amenaza el sistema ecológico del que depende la vida, la salud y su bienestar (3, 7-9).

El Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambios climáticos (IPCC) (4) estimó que la temperatura media mundial se elevará varios grados centígrados durante este siglo. Esta estimación suscita una incertidumbre inevitable, porque no se conoce la complejidad del sistema climático y no es posible preveer con certeza el futuro desarrollo de la humanidad (10-12).

En la década de los años 20 se observó una variación pendular en la presión barométrica del océano pacifico meridional: cuando la presión era alta en el pacífico occidental, en el pacifico oriental era baja y viceversa, lo que provocaba cambios notables en la dirección y la velocidad de los vientos sobre la superficie del agua, y dio a este fenómeno el nombre de oscilación del sur. Posteriormente los estudios se ampliaron y los científicos relacionaron este fenómeno con las temperaturas marítimas y los vientos fuertes y cálidos que se desplazan en las costas del Perú y Ecuador conocidos como fenómeno de El Niño, responsable de lluvias monzónicas y sequías en gran parte del planeta. La hermana del Niño, conocida como la Niña, es la fase fría del fenómeno y se relaciona con el incremento de la precipitación pluvial (10). Comparado con otros cambios climáticos, el fenómeno de El Niño se destaca por su gran influencia geográfica y la larga duración de sus condiciones extremas, haciéndolo sumamente importante en el sector de la salud pública

La secuencia cambio climático – efectos sobre la salud humana, no puede ser comprendida sin referirse a un conjunto de variables intermediarias entre ambos eventos, siendo estas consecuencias, y a su vez causas (no necesarias ni suficientes) de efectos sobre la salud humana. Entre estas variables intermediarias se destacan el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, efectos en el rango de actividad de vectores y parásitos, cambios ecológicos locales de agentes infecciosos transmitidos a través del agua y alimentos, disminución de la actividad agrícola y aumentos del nivel oceánico.

La interacción de estas variables en un determinado tiempo y lugar tiene como

consecuencia el establecimiento de escenarios epidemiológicos propicios para la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas "vectoriales", "zoonóticas" y transmitidas a través del agua y de los alimentos, posiblemente las más afectadas por el cambio climático (10-15).

Se sabe que las condiciones medio ambientales modulan las relaciones del patógeno, vector/hospedador con el clima, condiciones meteorológicas, hábitats, ecosistemas, urbanización y contaminación. Los cambios climáticos parecen influir sobre la distribución temporal y espacial, así como sobre la dinámica estacional e interanual de patógenos, vectores, hospedadores y reservorios (16). La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe sobre la salud, estimó que el cambio climático fue el responsable en el año 2000 de aproximadamente el 2.4% de los casos de diarrea en todo el mundo y del 6 % de los casos de paludismo en algunos países de ingresos medios (10).

Tras un fenómeno de El Niño, el riesgo potencial de las enfermedades transmisibles varía no solo por los cambios que se producen en el ambiente, sino también por los cambios en la densidad de la población, los trastornos en el funcionamiento de los servicios públicos y la interrupción de los servicios de salud pública (10-12).

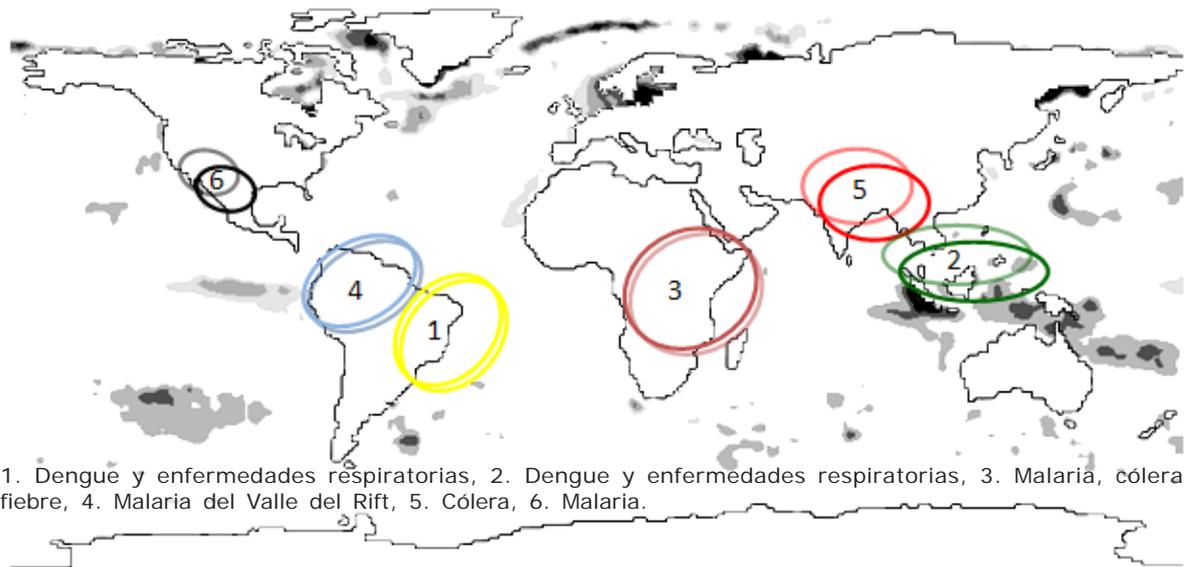
La temperatura es un factor crítico del que depende tanto la densidad como la capacidad vectorial; aumenta o disminuye la supervivencia del vector, condiciona la tasa de crecimiento de la población de vectores, cambia la susceptibilidad del vector a los patógenos, modifica el periodo de incubación extrínseca del patógeno en el vector y cambia la actividad y el patrón de transmisión estacional. Al aumentar la temperatura del agua, las larvas de los mosquitos tardan menos tiempo en madurar y en consecuencia se aumenta el número de crías durante la estación de transmisión, se acorta el periodo de metamorfosis huevo- adulto, reduciéndose el tamaño de las larvas y generándose adultos en un tiempo más corto, pero al ser estos más pequeños, las hembras tienen que tomar sangre con más frecuencia para llegar

a poner huevos, lo que resulta en un aumento en la tasa de inoculación (11,12). Un estudio realizado en Filipinas demostró que el mosquito vector del dengue no era afectado de ninguna manera por la temperatura, pero su ciclo de vida sí era influenciado por la alta pluviosidad, creando un ambiente propicio para la transmisión de esta enfermedad (17).

Muy probablemente, el efecto del cambio climático sobre las enfermedades transmitidas por artrópodos se observará al variarse los límites de temperatura de transmisibilidad: 14-18°C como límite inferior y 35-40°C como límite superior. Un leve aumento del límite inferior podría dar lugar a la transmisión de enfermedades, mientras que un incremento del límite superior podría suprimirlo.

Actualmente la población que está en riesgo de sufrir malaria es de  $2.4 \times 10^9$  y se estima que otros 100 a 700 millones de personas estarán expuestas al riesgo de malaria por cambios climáticos debido a actividades humanas para el 2050 y que otros 1000 millones estarían infectados al llegar el 2100 (10-13).

Se ha observado que durante el fenómeno de El Niño, aumentaron en un 30% los casos de malaria en Venezuela y Colombia y se cuadruplicaron en Sri Lanka; se reportaron aumentos en los casos de dengue en las Islas del Pacífico y Suramérica, aumentaron los casos de encefalitis del Valle de Murray, fiebre del Valle del Rift, en África de este; la incidencia de leishmaniasis se aumentó en un 33% en Brasil. En California después de un exceso de lluvias seguidas de sequía y altas temperaturas se produjo un brote de encefalitis de San Luis, asociado a la proliferación de mosquitos del género *Culex*. Luego hubo una introducción por aves migratorias del virus de la encefalitis del Nilo Occidental en Nueva York que se diseminó a gran parte de los Estados Unidos (14,16). El dengue es el arbovirus más importante en el ser humano y se localiza en regiones tropicales y subtropicales, sobre todo en el medio urbano. Entre 1970 y 1995 el número anual de epidemias de dengue en el Pacífico Sur se correlacionó positivamente con las condiciones del ciclo de la Niña (Figura 1) (18).



**Figura 1.** Zonas con elevado riesgo potencial de brotes de enfermedades debido a condiciones de El Niño: 2006-2007. Tomado y modificado (18).

Los roedores que proliferan en las regiones templadas tras los inviernos suaves y húmedos actúan como reservorios de diversas enfermedades. Ciertas enfermedades transmitidas por roedores como la leptospirosis, la tularemia y las virosis hemorrágicas, se asocian a inundaciones. Otras enfermedades relacionadas con roedores y garrapatas que han demostrado ser sensibles a la variabilidad del clima son la enfermedad de Lyme, la encefalitis transmitida por garrapatas y el síndrome pulmonar por Hantavirus (19-21).

Muchas enfermedades diarreicas varían con los cambios de clima, las principales causas de diarrea asociadas con precipitaciones abundantes y contaminación del agua son el cólera, la criptosporidiosis, infecciones por *E. coli*, giardiasis, shigelosis, fiebre tifoidea y las virosis por hepatitis A (15,22).

El cambio climático podría infligir más estrés a ecosistemas ya sobrecargados, lo que indica que los efectos más graves del aumento de la temperatura, la elevación del nivel del mar, los acontecimientos climáticos extremos podrían recaer más gravemente sobre algunos de los países menos desarrollados. Además, se prevé que el hambre en algunas regiones aumentará. El desplazamiento de personas y la urbanización

incrementa la densidad de hospedadores humanos susceptibles con peores condiciones de higiene en países pobres, lo que aumenta la tasa de transmisibilidad. La deforestación permite la entrada de los humanos al bosque lo que aumenta el contacto hombre-vector-reservorio selvático. Los planes de intensificación agrícola aumentan la erosión del terreno reduciendo los predadores de vectores. La contaminación química por fertilizantes, pesticidas, herbicidas pueden disminuir el sistema inmune haciendo al hombre más susceptible a las infecciones (19, 23,24).

A mediados del siglo XIX la malaria desapareció del norte de Europa y declinó en el centro, los últimos brotes en París ocurrieron en 1865. En el sur de Europa permaneció hasta pasada la Segunda Guerra Mundial cuando se instauró un programa eficaz de control de vectores, hasta que en 1961 se había producido la erradicación en la mayoría de los países. En los años 90 se produjeron brotes en algunos estados aislados de la antigua Unión Soviética (22).

En la actualidad se describen algunos casos preocupantes para Italia en donde la densidad anofelina ha crecido espectacularmente en algunas zonas. Las predicciones hechas para el 2050 no reflejan a la península ibérica como

escenario de transmisión palúdica, pero si la costa marroquí. No obstante cabría la posibilidad de que vectores africanos pudieran invadir los países de la península ibérica.

*Aedes aegypti*, vector de la fiebre amarilla y del dengue en los trópicos, parece haber desaparecido de Europa, por el contrario ha irrumpido en las Américas *Aedes albopictus*, vector del dengue y de la fiebre amarilla originario del sudeste asiático.

Después de la segunda guerra mundial la transmisión del dengue cesó en Europa, tal vez como consecuencia de las campañas de erradicación de la malaria con DDT. En la actualidad no hay casos documentados de dengue en Europa, pero se puede temer lo peor ya que el vector se encuentra bien implantado en Italia y ya se ha detectado su presencia en Bélgica, Francia, Suiza, Hungría y España (22).

La leishmaniasis producida por *L. infantum* es endémica de España y da lugar a formas clínicas cutáneas y viscerales graves. Aumentos de la temperatura podrían acortar la maduración parasitaria dentro del vector, incrementándose el riesgo de transmisión, así que es probable que la distribución de leishmaniasis se amplíe hacia el norte como consecuencia del calentamiento global (22). En cuanto a las enfermedades transmitidas por garrapatas son muchas y de variada gravedad; enfermedad de Lyme, babesiosis, erlichiosis, rickettsiosis, tularemia, encefalitis. En Europa las garrapatas más difundidas son; *Rhipicephalus sanguineus* que es la garrapata común del perro, implicada en la transmisión

de la fiebre botonosa mediterránea e *Ixodes ricinus*, implicada en la enfermedad de Lyme. Las garrapatas son muy sensibles a mínimos cambios de temperatura, como lo demuestra que tan solo una isoterma de 2°C condicione la transmisión en África del sur y este. Un leve cambio climático podría aumentar la población de este artrópodo y extender el periodo estacional de transmisión (22-25).

Las encefalitis virales representan un amplio grupo de enfermedades (Encefalitis de San Luis, Encefalitis equina venezolana, del Nilo occidental) que se transmiten por picaduras de mosquitos del genero *Culex* y también por garrapatas. La transmisión de estas enfermedades no es posible a temperaturas menores de 20°C. En Europa ha habido casos aislados de encefalitis en Portugal y España, pero es de suponer que una elevación de temperatura produciría un aumento vectorial, incrementando el riesgo de la transmisión. Los roedores pueden abrigar a otros vectores como garrapatas y pulgas, tras años de sequía que podrían disminuir el número de depredadores naturales de roedores, vendrían lluvias que aumentarían el alimento disponible terminando en un aumento de la población de estos mamíferos. En el sur de EE.UU. a principios de los años 90 se desató una epidemia de hantavirus asociada a un incremento inusual de la población de roedores y la causa fue el cambio climático (22,24). Hipotéticamente las enfermedades vectoriales susceptibles

de ser influidas por el cambio climático y emerger o reemerger en Europa, Asia y África se muestran en las tablas 1 y 2.

**Tabla 1.** Enfermedades infecciosas cuya epidemiología podría afectarse en Europa por los cambios

ENFERMEDAD	AGENTE	VECTOR	CLÍNICA
Dengue	Flavivirus	Mosquito	Fiebre viral hemorrágica
Encefalitis por garrapatas	Flavivirus	Garrapata	Encefalitis
Fiebre botonosa	<i>Rickettsia conorii</i>	Garrapata	Fiebre maculada
Tifus murino	<i>Rickettsia tiphy</i>	Pulga	Fiebre tífica
Enfermedad de Lyme	<i>Borrelia burgdofei</i>	Garrapata	Artritis, meningitis, carditis
Fiebre recurrente	<i>Borrelia hispanica</i>	Garrapata	Fiebre recurrente
Malaria	<i>Plasmodium sp</i>	Mosquito	Fiebres palúdicas
Leishmaniasis	<i>Leishmania sp</i>	<i>Plebothomus</i>	Kala-azar

**Tabla 2.** Enfermedades infecciosas cuya epidemiología podría afectarse en Asia y África por los cambios climáticos

ENFERMEDAD	AGENTE	VECTOR	CLÍNICA
Malaria	<i>Plasmodium sp</i>	<i>Anopheles gambiae</i>	Fiebre palúdica
Leishmaniasis	<i>L. tropica</i>	<i>Phlebotomus</i>	Kala-azar
Fiebre viral hemorrágica	virus	Garrapata <i>Hyalomma marginatum</i>	Fiebre viral hemorrágica
Dengue	Flavivirus	Mosquito	Fiebre viral hemorrágica
Fiebre amarilla	Arbovirus	Mosquito	Fiebre viral hemorrágica
Encefalitis equina del este	Arbovirus	Mosquito <i>Aedes albopictus</i>	Encefalitis
Fiebre del río Ross	Arbovirus	Mosquito <i>Aedes albopictus</i>	Encefalitis
Encefalitis japonesa	Arbovirus	Mosquito	Encefalitis
Fiebre del Valle de Rift	Bunyavirus	Mosquito	Encefalitis
West Nile	flavivirus	Mosquito	Encefalitis
Fiebre de Chikungunya	Togavirus	Mosquito	Encefalitis

En Suramérica en lo transcurrido de este año 2009 se han reportado aumentos en la incidencia de dengue, lo que va de la mano con el cambio climático, el crecimiento poblacional, la pobreza y el hacinamiento. En el 2007 hubo epidemia en Paraguay, en el 2008 fue Brasil la que se vio azotada con el virus y este año Bolivia vive su mayor epidemia de los últimos 20 años. La OPS contabilizó unos 826 mil casos de dengue en los países suramericanos durante el 2008 y 737 mil en el 2007. Entre los meses de enero y marzo de 2008 se documentó la ocurrencia de un brote epidémico de fiebre amarilla en zonas urbanas aledañas a la ciudad de Asunción, Paraguay, confirmándose 24 casos y 8 muertes. En aquel país no se había registrado un brote a causa de esta enfermedad en los últimos 34 años, situación que motivó la implementación

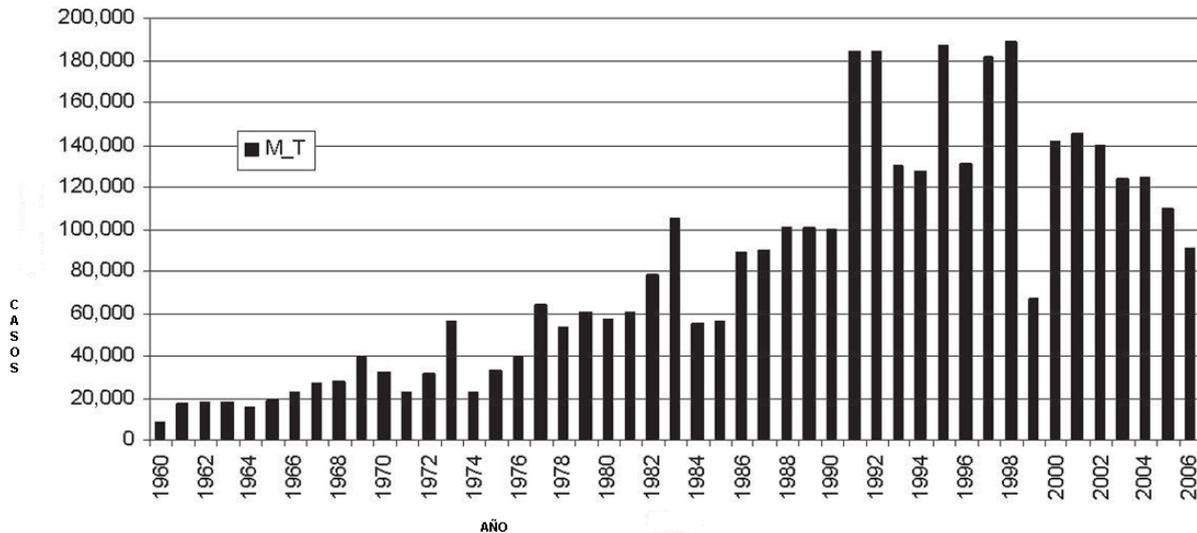
de una campaña de vacunación masiva que involucró 1.5 millones de personas (15).

En Suramérica se han identificado numerosos casos de Síndrome cardiopulmonar por Hantavirus (SCPH) y reservorios para hantavirus en países como Argentina, Brasil, Uruguay, Bolivia, Chile y Panamá. La excelente adaptación de estos patógenos emergentes y sus roedores reservorios a las condiciones geográficas de este continente permite suponer que actualmente existe un problema latente de zoonosis (26). En América las enfermedades infecciosas que podrían verse afectadas por los cambios climáticos se muestran en la tabla 3.

En Colombia se han adelantado varios estudios sobre los efectos de la variabilidad climática en la salud, y entre ellos se

**Tabla 3.** Enfermedades infecciosas y cuya epidemiología podría afectarse en América por los cambios climáticos

ENFERMEDAD	AGENTE	VECTOR	CLÍNICA
Malaria	<i>Plasmodium</i>	<i>Anopheles</i>	Fiebres palúdicas
Leishmaniasis	<i>Leishmania sp</i>	<i>Lutzomyia</i>	Lesiones cutáneas, viscerales y mucocutáneas
Dengue	virus	mosquitos	Fiebre hemorrágica
Hantaviriosis	hantavirus	roedores	Fiebre hemorrágica
Fiebre amarilla	virus	mosquitos	Fiebre hemorrágica
Encefalitis de San Luis	Flavivirus	mosquitos	Encefalitis
Encefalitis equina venezolana	Arbovirus	mosquitos	Encefalitis



**Figura 2.** Número total anual de casos de malaria en Colombia, se muestran todos los tipos de malaria en Colombia desde 1960- 2006. Los años en que se observo el Niño fueron 1965, 1972, 1982, 1983, 1987, 1991, 1992, 1997 y 2002; Los años de la Niña fueron 1971, 1974, 1975, 1988 y 1999. (27)

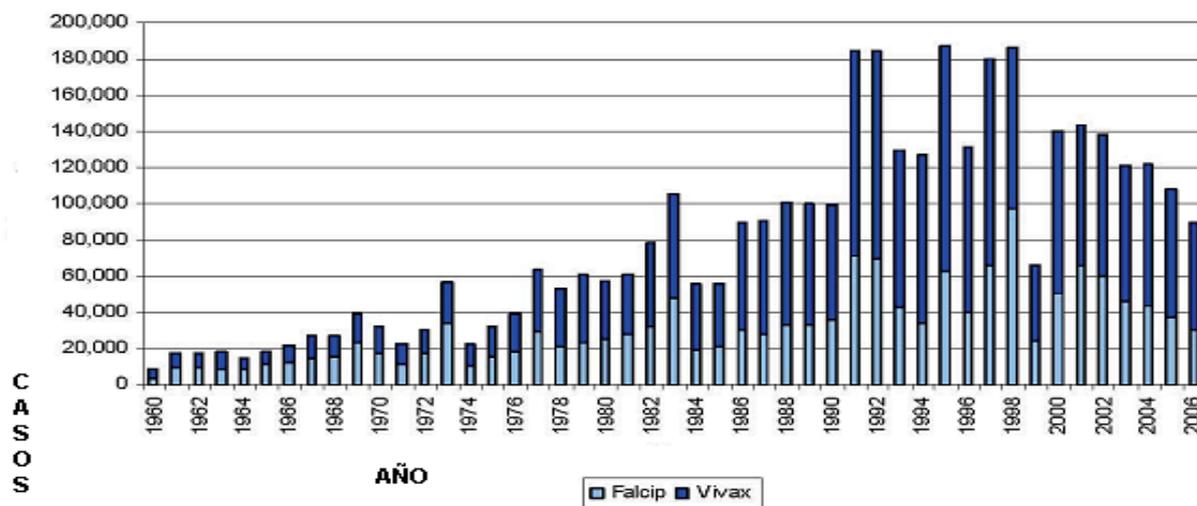
destacan los de Poveda et al en el 2000 y 2001, que analizaron los efectos de El Niño en la incidencia del paludismo y del dengue; estos estudios sirvieron de base para la primera comunicación de Colombia ante la Convención Marco del cambio climático (Figura 2) (5,6,27).

En Colombia se ha observado repetidamente que el comportamiento del paludismo muestra un patrón de ciclos quinquenales o paraquinquenales, caracterizados por picos que ocurren cada 4 ó 5 años, aproximadamente, en el número de casos notificados sin que se conociera con certeza su causa. Estudios posteriores demostraron que estos picos estaban relacionados con la presencia del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur. En 1998 cuando ocurrió este fenómeno climático de forma más intensa de la que se tenga noticia hasta ahora, hubo un incremento inusitado de casos de paludismo en Colombia, pasando de 180.910 en 1997 a 256.697 en 1998, un aumento del 42% y presentándose por primera vez desde la década de 1970 un predominio neto de los casos por *Plasmodium falciparum* (52%) lo que rompió la tendencia de la proporción de casos por esta especie, que históricamente y hasta entonces había oscilado entre 30 y 40% (Figura 3) (27,28). Este aumento es explicable por varias

circunstancias, entre ellas el fenómeno de El Niño que ocasionó un aumento de la temperatura en todo el territorio nacional con la disminución subsecuente de la precipitación en algunos sectores de la Costa Pacífica colombiana. Se sabe que el aumento de la temperatura acelera el ciclo esporogónico del parásito en su vector, acortándolo y que a su vez, acelera el ciclo biológico del vector en la naturaleza. La disminución de la precipitación hace que los criaderos de los anofelinos se tornen más estables lo cual contribuye a una mayor densidad vectorial. Todo ello originó un aumento de la transmisión de la infección en el pacífico colombiano, la única de las áreas endémicas en Colombia en donde predomina *P. falciparum* (5,6).

En 1999 cuando ocurrió el fenómeno contrario, La Niña, el número de casos de paludismo en Colombia disminuyó a 86.808, una tercera parte de los casos informados en 1998 y aproximadamente la mitad de los casos que se registran en un año normal, igualmente los casos por *P. falciparum* disminuyeron a 33% (3).

La variabilidad climática asociada con las fases extremas de los fenómenos de El Niño – Oscilación del Sur y La Niña constituye un “Experimento natural” que permite vislumbrar



**Figura 3.** Número total anual de casos de malaria entre 1960- 2006 por *P. vivax* (azul oscuro) y *P. falciparum* (azul claro) (27).

algunas de las consecuencias ya no transitorias sino permanentes que traería consigo el cambio climático global. Algunos estimativos sugieren que ante una duplicación de la concentración de CO<sub>2</sub> que se alcanzaría hacia la segunda mitad del siglo XXI, la temperatura media anual sobre el territorio colombiano podría superar en 1.5°C los promedios del periodo 1961-1990 (3).

En Colombia no existe transmisión de paludismo a alturas superiores a 1500 msnm debido a que no hay presencia de vectores a esta altura y el parásito no puede desarrollarse en el vector a menos de 17°C. El incremento de la temperatura permitiría establecer nuevos sitios de transmisión y con consecuencias graves para una población que no ha estado expuesta previamente al parásito.

En Colombia se requiere profundizar en el conocimiento sobre el impacto del cambio climático en la salud humana, no solo en lo relacionado con la malaria, sino con dengue, leishmaniasis y enfermedad de Chagas entre otras (3).

Aunque sigue habiendo incertidumbre en lo que respecta a la evaluación de lo que constituye un cambio climático "peligroso", los efectos proyectados de este para la salud mundial son una clara amenaza para el desarrollo sostenible, especialmente en las naciones más pobres del mundo y por ende ofrecen un argumento convincente para acelerar las negociaciones y medidas en marcha a fin de reducir las emisiones

de gases con efecto invernadero. Como señala el IPCC: "Si se emplean con cuidado, esas respuestas ayudarían a enfrentar la dificultad del cambio climático y a mejorar las perspectivas de desarrollo sostenibles de todos los pueblos y naciones" (1).

En febrero de 2005 entró en vigencia el protocolo de Kyoto presentado a la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, el cual fue firmado por 180 países en 1997, mediante este instrumento cerca de 40 países desarrollados (los que más generan gases) se comprometen a tomar medidas para disminuir sus emisiones de gases durante los años 2008-2012 en 5.2% con respecto a los niveles de 1990, aunque este porcentaje parece pequeño, y a pesar de que los Estados Unidos, país que genera la mayor cantidad de gases, rehusó firmarlo, es un primer paso para la reducción del cambio climático y sus graves consecuencias para todos los aspectos de la vida y ecología de nuestro planeta (3).

En conclusión, poco se sabe sobre el impacto del clima en las enfermedades infecciosas en Colombia y específicamente sobre las transmitidas por vectores, las herramientas geoposicionamiento espacial son claves para ayudar a entender estos fenómenos, el reto consiste en estudiar interdisciplinariamente estas variables y las patologías infecciosas tropicales.

## REREFENCIAS

1. Martens W, Slooff R, Jackson E. El cambio climático, la salud humana y el desarrollo sostenible. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health* 1998; 4(2):100-5.
2. King M. Health is a sustainable state. *Lancet* 1990; 336(8716):664-7.
3. Pabón J, Nicholls R. Cambio climático y la salud humana. *Biomédica* 2005; 25(1):5-8.
4. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. *Climate Change*. Cambridge University Press. Vol 1; 2001
5. Poveda G, Rojas N, Quiñonez M, Velez I, Mantilla R, Ruiz D, et al. Coupling between Annual and ENSO timescales in the malaria- climate Association in Colombia. *Environ Health Perspect* 2001; 109(5):489-9.
6. Poveda G, Mesa O. On the existence of Lloró ( The rainiest locality on earth): enhance ocean-land-atmosphere interaction by a low - level jet. *Geophys Res Lett* 2000; 27(11):1675-8.
7. Gagnon A, Smoyer-Tomic K, Bush A. The El Nino southern oscillation and malaria epidemics in South America. *Int J Biometeorol* 2002; 46(2):81-9.
8. González J, Olano V, Vergara J, Arevalo-Herrera M, Carrasquilla G, Herrera S, et al. Unstable lowlevel transmission of malaria on the colombian pacific coast. *Ann Trop Med Parasitol* 1997; 91:349-58.
9. Pabon JD. El Cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuadernos de Geografía* 2003; 12: 111-119
10. OMS, OMM, PNUMA. *Cambio Climático y salud humana: Riesgos y Respuestas*. Ginebra, Suiza: Biblioteca de la Organización Mundial de la Salud; 2003.
11. Pascual M, Rodó X, Ellner S, Colwell R, Bouma M. Cholera dynamics and El Nino-southern oscillation. *Science* 2000; 289(5485):1766.
12. Hales S, de Wet N, Maindonald J, Woodward A. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *The Lancet* 2002; 360(9336):830-4.
13. Patz J, Graczyk T, Geller N, Vittor A. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *Int J Parasitol* 2000; 30(12-13):1395-405.
14. Walther G, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee T, et al. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 2002; 416(6879):389-95.
15. Cerda L, Valdivia G, Valenzuela T, Venegas J. Cambio climático y enfermedades infecciosas: un nuevo escenario epidemiológico. *Rev Chil Infectol* 2008; 25(6):447-52.
16. OPS, OMS. Resistencia a los antimicrobianos y enfermedades emergentes y reemergentes. Subcomité de Planificación y Programación del Comité Ejecutivo, SPP32/9 1998. URL Disponible en: [http://www.paho.org/spanish/gov/ce/spp/spp32\\_9.pdf](http://www.paho.org/spanish/gov/ce/spp/spp32_9.pdf)
17. Glenn L, Sia S. Correlation of climatic factors and dengue incidence in Metro Manila, Philippines. *AMBIO J Hum Behav Soc Environ* 2008; 37(4):292-4.
18. Anyamba A, Chretien J, Small J, Tucker C, Linthicum K. Developing global climate anomalies suggest potential disease risks for 2006 – 2007. *Int J Health Geogr* 2006; 5(1):60.
19. Gegúndez M, Lledó L. Infección por hantavirus y otros virus transmitidos por roedores. *Enferm Infecc Microbiol Clin* 2005; 23(08):492.

20. Wenzel R. A new hantavirus infection in North America. *N Engl J Med* 1994; 330(14):1004.
21. Valero N, Larreal Y. ¿ Hantavirus en el estado Zulia? *Invest Clin* 2006; 47(4):319.
22. López-Vélez R, Molina Moreno R. Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Rev Esp Salud Pública* 2005; 79(2): 177-90.
23. Kovats R, Bouma M, Hajat S, Worrall E, Haines A. El Niño and health. *The Lancet* 2003; 362(9394): 1481-9.
24. Franke C, Ziller M, Staubach C, Latif M. Impact of El Niño/Southern Oscillation on Visceral Leishmaniasis, Brazil. *Emerg Infect Dis* 2002;8(9): 914-7.
25. Cuadros J, Calvente M, Benito A, Arévalo J, Calero M, Segura J, et al. Plasmodium ovale malaria acquired in central Spain. *Emerg Infect Dis* 2002; 8(12): 1506-8.
26. Puerta H, Cantillo C, Mills J, Hjelle B, Salazar-Bravo J, Mattar S. Hantavirus del nuevo mundo: Ecología y epidemiología de un virus emergente en latinoamérica. *Medicina (Buenos Aires)* 2006;66(4): 343-56.
27. Mantilla G, Oliveros H, Barnston A. The role of ENSO in understanding changes in Colombia's annual malaria burden by region, 1960–2006. *Malar J* 2009; 8(6):1-11.
28. Rogers D, Randolph S. The global spread of malaria in a future, warmer world. *Science* 2000; 289(5485): 1763.